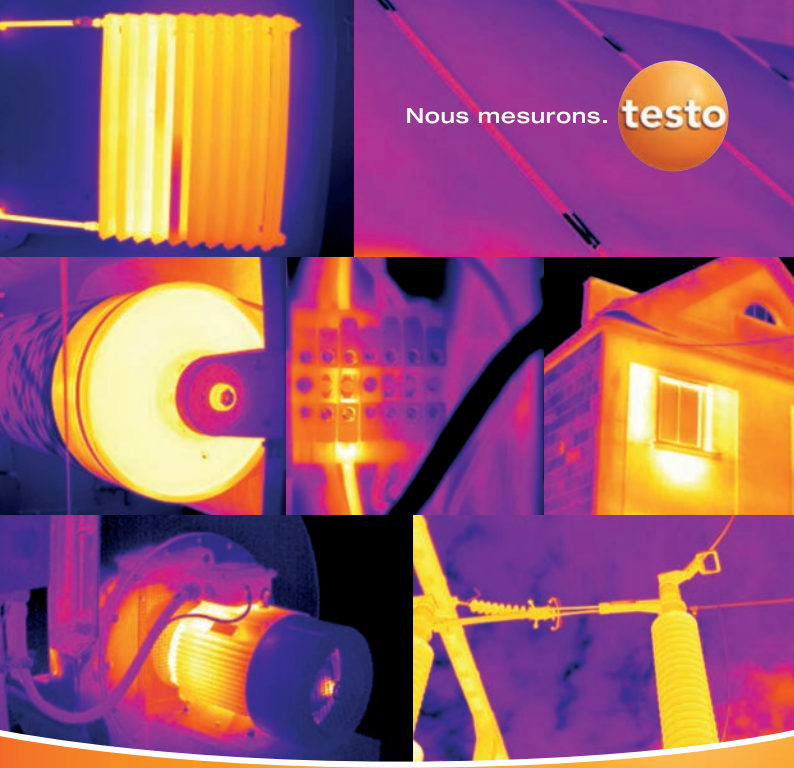


Guide de poche Thermographie

Théorie – Pratique – Trucs & Astuces

Droits d'auteur, garantie et responsabilité
Les informations reprises dans ce guide de poche sont protégées par les droits d'auteur. Tous les droits reviennent exclusivement à Testo AG. Les contenus et images ne peuvent être copiés à des fins commerciales, modifiés ou utilisés / récupérés à d'autres fins que celles décrites sans l'accord préalable écrit de Testo AG.
Les informations du présent guide de poche ont été rédigées avec le plus grand soin. Cependant, les informations fournies le sont sans engagement et Testo AG se réserve le droit de procéder à d'éventuels modifications ou ajouts. Testo AG n'assume donc aucune garantie ou responsabilité quant à l'exactitude et à l'exhaustivité des informations fournies. Notre responsabilité, quel que soit le motif juridique, est limitée aux dommages occasionnés par Testo AG, ses auxiliaires ou preneurs d'ordre intentionnellement, par négligence grossière ou par négligence légère en cas de violation d'obligations contractuelles fondamentales. En cas de négligence légère, la responsabilité de Testo AG est limitée, en fonction du montant, aux dommages typiques et prévisibles pour les activités comparables. Ceci n'affecte en rien d'éventuelles demandes en garantie ou demandes d'indemnisation conformément à la loi sur la responsabilité du fabricant.

Testo AG, octobre 2012

Préface

Chers clients, chères clientes,

« Une image en dit plus qu'un long discours. »
A une époque où les prix de l'énergie partent à la hausse et où le moindre arrêt d'une machine peut coûter très cher, les mesures de température sans contact ont fait leurs preuves tant pour l'évaluation de l'efficacité des bâtiments et que pour la maintenance industrielle. Pourtant, il y a thermographie et thermographie. En effet, lors des mesures de température sans contact, il convient de respecter certaines règles de base élémentaires.

Le manuel « Guide de poche – Thermographie » compile les questions posées chaque jour par nos clients. Truffé d'informations importantes, mais aussi de trucs et astuces pratiques, ce guide de poche doit vous fournir une aide utile et proche de la pratique et faciliter votre travail au quotidien.

Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir lors de sa lecture !

Daniel Auer,
Directeur de la division « Thermographie »

Table des matières

1.	La thermographie en théorie	5
1.1	Emissivité, réflectivité, transmissivité	6
1.2	Spot de mesure et éloignement	13
2.	La thermographie en pratique	16
2.1	Objet de mesure	16
2.2	Environnement de mesure	18
2.3	Détermination pratique des valeurs ε et RTC	25
2.4	Interférences lors des mesures infrarouges	28
2.5	Conditions idéales pour les mesures infrarouges	34
2.6	L'image thermique parfaite	35
3.	Annexes	38
3.1	Glossaire de la thermographie	38
3.2	Tableau d'émissivité	51
3.3	Testo recommande	53

1 La thermographie en théorie

Chaque objet dont la température dépasse le zéro absolu (0 Kelvin = –273,15°C) émet un rayonnement infrarouge. Ce rayonnement infrarouge ne peut pas être perçu par l'œil humain.

Comment l'ont prouvé les physiciens Josef Stefan et Ludwig Boltzmann en 1884 déjà, il existe un lien entre la température d'un corps et l'intensité du rayonnement infrarouge émis. Un caméra thermique mesure le rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde émis dans son champ visuel. Elle calcule ensuite la température de l'objet mesuré. Ce calcul tient compte de l'émissivité (ε) de la surface de l'objet de mesure et de la compensation de la température réfléchie (RTC = Reflected Temperature Compensation), deux grandeurs pouvant être réglées manuellement dans la caméra thermique. Chaque pixel du détecteur représente un point de température, restitué à l'écran comme image en couleurs fausses (cf. « Spot de mesure et éloignement », pg. 13).

La thermographie (mesure de la température au moyen d'une caméra thermique) est un procédé de mesure passif, sans contact. L'image thermique montre ici la réparation de la température à la surface d'un objet. Une caméra thermique ne permet donc pas d'examiner l'intérieur d'un objet ou de voir à travers celui-ci.

1.1 Emissivité, réflectivité, transmissivité

Le rayonnement enregistré par la caméra thermique se compose de l'émission, de la réflexion et de la transmission du rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde émis par les objets se trouvant dans le champ visuel de la caméra thermique.

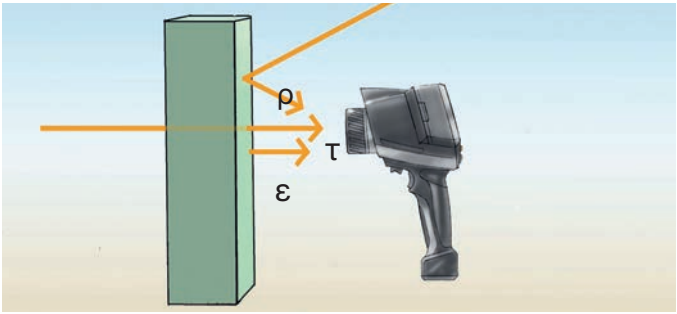
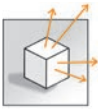


Illustration 1.1 – Emissivité, réflexivité et transmissivité



Emissivité (ε)

L'émissivité (ε) est une mesure déterminant la capacité d'un matériau à émettre un rayonnement infrarouge.

- La valeur ε dépend des propriétés de la surface, du matériau et – pour certains matériaux – également de la température de l'objet de mesure, ainsi que de la bande spectrale de la caméra thermique utilisée.

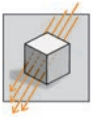
- Emissivité maximale : ε = 1 (≙ 100%) (cf. « Emetteur noir », pg. 41). ε = 1 ne se retrouve jamais dans la réalité.
- Corps réels : ε < 1, car les corps réels reflètent et, éventuellement, transmettent également un rayonnement.
- De nombreux matériaux non-métalliques (tels que le PVC, le béton, les matériaux organiques) présentent une émissivité élevée, indépendante de la température (ε ≈ 0,8 – 0,95) dans la plage infrarouge de grande longueur d'onde.
- Les métaux, surtout ceux présentant une surface brillante, présentent une émissivité faible, variant en fonction de la température.
- La valeur ε peut être réglée manuellement dans la caméra thermique.

Réflectivité (ρ)

La réflectivité (ρ) est une mesure déterminant la capacité d'un matériau à réfléchir un rayonnement infrarouge.

- La valeur ρ dépend des propriétés de la surface, de la température et du type de matériau.
- En règle générale, les surfaces lisses et polies réfléchissent plus que les surfaces brutes et mates d'un même matériau.
- La température du rayonnement réfléchi peut être réglée manuellement dans la caméra thermique (RTC).
- La valeur RTC correspond, dans de nombreuses applications de mesure, à la température ambiante (essentiellement, pour les activités de thermographie à l'intérieur). Celles-ci peuvent, le plus souvent, être déterminée – p.ex. – avec un thermomètre d'ambiance testo 810.

- La valeur RTC peut être déterminée au moyen d'un système de Lambert (cf. « Mesure de la température réfléchie au moyen d'un système de Lambert (improvisé) », pg. 27).
- L'angle de réflexion du rayonnement infrarouge réfléchi est toujours identique à l'angle d'incidence (cf. « Réflexion spéculaire », pg. 31).



Transmissivité (τ)

La transmissivité (τ) est une mesure déterminant la capacité d'un matériau à transmettre un rayonnement infrarouge.

- La valeur τ dépend du type et de l'épaisseur du matériau.
- La plupart des matériaux ne transmettent pas le rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde ; en d'autres termes, ceux-ci ne sont pas perméables.

Conservation de l'énergie du rayonnement selon les règles de Kirchhoff

Le rayonnement infrarouge enregistré par la caméra thermique se compose :

- du rayonnement émis par l'objet mesuré,
- de la réflexion du rayonnement ambiant et
- de la transmission du rayonnement par l'objet mesuré.

(cf. ill. 1.1, pg. 6)

Le total de ces éléments est toujours égal à 1 (≙ 100%) :

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

La transmission ne jouant que rarement un rôle dans la pratique, la transmission τ tombe et la formule

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

est simplifiée comme suit :

$$\varepsilon + \rho = 1.$$

Pour la thermographie, cela signifie :
Plus l'émissivité est faible,

- plus la part du rayonnement infrarouge réfléchi est élevée,
- plus une mesure précise de la température est compliquée et
- plus un réglage correct de la compensation de la température réfléchie (RTC) est important.

Lien entre émission et réflexion :

1. Les objets de mesure présentant une émissivité élevée ($\varepsilon \geq 0{,}8$)
   - ont une réflexivité faible (ρ) : $\rho = 1 - \varepsilon$,
   - permettent des mesures très fiables de leur température au moyen d'une caméra thermique.

2. Les objets de mesure présentant une émissivité moyenne ($0{,}6 < \varepsilon < 0{,}8$)
   - ont une réflexivité moyenne (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$,
   - permettent des mesures fiables de leur température au moyen d'une caméra thermique.

3. Les objets de mesure présentant une émissivité faible ($\varepsilon \leq 0{,}6$)
   - ont une réflexivité élevée (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$,

- permettent des mesures de température au moyen d'une caméra thermique, mais leurs résultats doivent être analysés de manière critique,
- requièrent impérativement un réglage correct de la compensation de la température réfléchie car celle-ci contribue dans une large mesure au calcul de la température.

Un réglage correct de l'émissivité est tout particulièrement important lorsque les différences de température entre l'objet mesuré et l'environnement de mesure sont grandes.

1. Pour les objets présentant une température supérieure à la température ambiante (cf. chauffage de l'ill. 1.2, pg. 11) :
   - une émissivité réglée sur une valeur trop élevée entraîne l'affichage de températures trop basses (cf. caméra 2),
   - une émissivité réglée sur une valeur trop faible entraîne l'affichage de températures trop élevées (cf. caméra 1).

2. Pour les objets présentant une température inférieure à la température ambiante (cf. portes de l'ill. 1.2, pg. 11) :
   - une émissivité réglée sur une valeur trop élevée entraîne l'affichage de températures trop élevées (cf. caméra 2),
   - une émissivité réglée sur une valeur trop faible entraîne l'affichage de températures trop basses (cf. caméra 1).

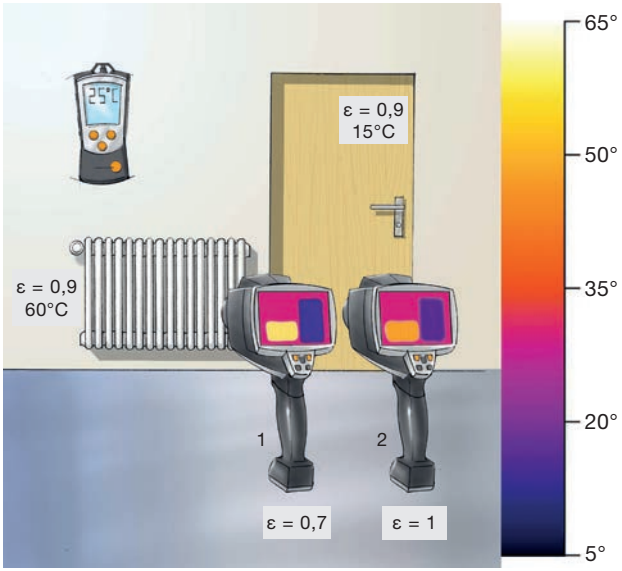


Illustration 1.2 – Effets d'une émissivité mal réglée sur la mesure de température

A noter : Plus la différence entre la température de l'objet de mesure et la température ambiante est élevée et plus l'émissivité est faible, plus les erreurs de mesure seront importantes. Ces erreurs s'amplifient lorsque l'émissivité est mal réglée.

- Une caméra thermique vous permet uniquement de mesurer les températures en surface, pas de voir à travers l'objet ou dans celui-ci.
- De nombreux matériaux transparents pour l'oeil humain, tels que le verre, ne sont pas perméables aux rayons infrarouges de grande longueur d'onde (cf. « Mesurers sur verre », pg. 30).
- Si nécessaire, retirez les éventuels capots de l'objet de mesure ; en effet, dans le cas contraire, la caméra thermique mesurera uniquement la température à la surface du capot.

  Prudence !

  Respectez toujours les prescriptions d'utilisation de l'objet de mesure !
- Parmi les matériaux présentant une transmissivité faible, on compte, p.ex., les films plastiques fins et le germanium, le matériau dans lequel sont fabriqués les lentilles et verres de protection des caméras thermiques de Testo.
- Lorsque des éléments se trouvant sous la surface peuvent influencer, par conduction, la répartition des température à la surface de l'objet de mesure, il est souvent possible d'identifier les structures internes de l'objet de mesure sur l'image thermique. Cependant, la caméra thermique ne mesure que la température en surface. Il n'est docn pas possible de tirer des conclusions précises sur les valeurs de température des éléments se trouvant à l'intérieur de l'objet de mesure.

1.2 Spot de mesure et éloignement

Trois grandeurs doivent être prises en compte pour déterminer l'éloignement adéquat et l'objet de mesure maximal pouvant être vu ou mesuré.

- le champ visuel (FOV),
- le plus petit objet pouvant être identifié ($IFOV_{geo}$) et
- le plus petit objet pouvant être mesuré / sport de mesure ($IFOV_{meas}$).

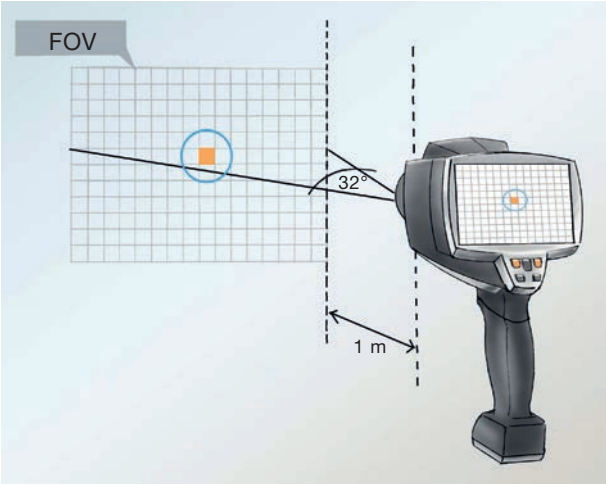


Illustration 1.3 – Champ visuel de la caméra thermique

Le champ visuel (FOV) de la caméra thermique décrit la surface visible avec la caméra thermique (cf. ill. 1.3, pg. 13). Celui-ci dépend de l'objectif utilisé (p.ex. objectif grand angle 32° ou téléobjectif 9° – disponible comme accessoire avec le testo 875i).

Utilisez un objectif grand angle pour obtenir un champ visuel plus grand.

Il est également utile de connaître les informations relatives au plus petit objet pouvant être identifié ($IFOV_{geo}$) par votre caméra thermique. Celui-ci décrit la grandeur d'un pixel en fonction de l'éloignement.

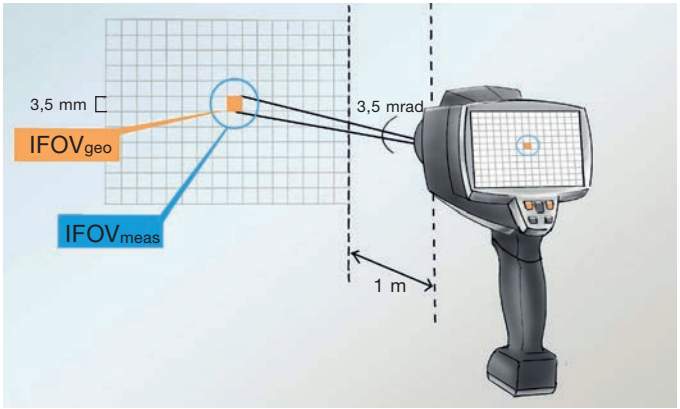


Illustration 1.4 – Champ visuel d'un pixel

Lorsque la résolution spatiale de l'objectif est de 3,5 mrad et l'éloignement de 1 m, le plus petit objet pouvant être identifié ($IFOV_{geo}$) possède des côtés de 3,5 mm et s'affiche sous la forme d'un pixel à l'écran (cf. ill. 1.4, pg. 14). Pour obtenir des mesures précises, l'objet de mesure doit être 2 à 3 fois plus grand que le plus petit objet pouvant être identifié ($IFOV_{geo}$).
La règle suivante s'applique donc pour le plus petit objet pouvant être mesuré ($IFOV_{meas}$) :

$$IFOV_{meas} \approx 3 \times IFOV_{geo}$$

- Utilisez un téléobjectif pour garantir une bonne résolution spatiale.
- Le calculateur FOV de Testo vous permet de calculer les valeurs FOV, $IFOV_{meas}$ et $IFOV_{geo}$ à différentes distances. Calculez ces valeurs en ligne à l'adresse : www.testo.de/FOV.

2 La thermographie en pratique

2.1 Objet de mesure

1. Matériau et émissivité

La surface de chaque matériau possède une émissivité spécifique, permettant de déterminer dans quelle mesure le rayonnement infrarouge émis par le matériau est

- réfléchi et
- émis (émis par l'objet lui-même).

2. Couleur

En cas de mesure de la température au moyen d'une caméra thermique, la couleur du matériau n'a pas d'influence notable sur le rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde émis par l'objet de mesure. Les surfaces sombres absorbent mieux le rayonnement infrarouge de faible longueur d'onde que les claires et s'échauffent donc plus rapidement. Le rayonnement infrarouge émis dépend cependant de la température et non de la couleur de la surface de l'objet de mesure. Un radiateur laqué noir émet, p.ex., un rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde identique à un radiateur laqué blanc à la même température.

3. Surface de l'objet de mesure

Les propriétés de la surface de l'objet mesuré joue un rôle décisif pour les mesures de température au moyen d'une caméra thermique. En effet, l'émissivité de la surface change en fonction de la structure de la surface, de l'encrassement et du revêtement.

Structure de la surface

Les surfaces lisses, brillantes, réfléchissantes et/ou polies présentent, en règle générale, une émissivité légèrement plus faible que les surfaces mates, structurées, brutes, altérées par les intempéries et/ou griffées du même matériau. Les surfaces très lisses entraînent souvent des réflexions spéculaires (cf. « Réflexion spéculaire », pg. 31).

Humidité, neige, givre en surface

L'eau, la neige et le givre présentent une émissivité relativement élevée (env. $0{,}85 < \varepsilon < 0{,}96$) ; la mesure de ces matériaux ne sont généralement aucun problème. Il est cependant à noter que la température de l'objet mesuré peut être faussée par de temps revêtements naturels. En effet, en s'évaporant, l'humidité fait refroidir la température de l'objet de mesure et la neige possède de bonnes propriétés isolantes. Le givre ne présente le plus souvent pas une surface fermée ; c'est pourquoi l'émissivité du givre, mais aussi celle de la surface sous celui-ci doivent être prises en compte lors de la mesure.

Encrassement et corps étrangers en surface

Les saletés, telles que la poussière, la suie ou l'huile lubrifiante, à la surface de l'objet mesuré augmentent généralement l'émissivité de la surface. C'est pourquoi la mesure d'objets encrassés ne pose généralement aucun problème. Votre caméra thermique mesure cependant toujours la température de la surface, c'est-à-dire celle de la saleté et non la température précise de la surface de l'objet mesuré sous celle-ci.

- L'émissivité d'un matériau dépend fortement de la structure en surface du matériau.
- Veillez à correctement régler l'émissivité en fonction de la surface de l'objet de mesure.
- Evitez de procéder à des mesures sur des surfaces humides ou couvertes de neige ou de givre.
- Evitez de procéder à des mesures sur des surfaces sales (températures faussées par les poches d'air).
- Veillez tout particulièrement à la présence d'éventuelles sources de rayonnement dans l'environnement (p.ex. le soleil, des radiateurs, etc.) lors des mesures sur des surfaces lisses.

2.2 Environnement de mesure

1. Température ambiante

Pour que votre caméra thermique puisse mesurer correctement la température de la surface de l'objet mesuré, la température réfléchie (RTC) doit être prise en considération en plus du réglage de l'émissivité (ε). Dans de nombreuses applications de mesure, la température réfléchie correspond à la température ambiante (cf. « Rayonnement », pg. 19). Celle-ci peut être déterminée au moyen d'un thermomètre d'ambiance, tel que le testo 810. Un réglage précis de l'émissivité est tout particulièrement important en cas de différences de température importantes entre l'objet mesuré et l'environnement de mesure (cf. ill. 1.2, pg. 11).

2. Rayonnement

Chaque objet dont la température dépasse le zéro absolu (0 Kelvin = –273,15°C) émet un rayonnement infrarouge. Les objets présentant une différence de température importante par rapport à la température de l'objet mesuré peuvent, tout particulièrement, nuire aux mesures infrarouges en raison de leur rayonnement. De telles interférences doivent, si possible, être évitées ou arrêtée. En garantissant une protection contre les interférences (p.ex. au moyen d'un tissu ou d'un carton), vous pouvez réduire ces effets négatifs sur la mesure. S'il n'est pas possible d'éliminer les interférences, la température réfléchie ne correspond pas à la température ambiante.

Pour mesure le rayonnement réfléchi, il est recommandé, p.ex., d'utiliser un système de Lambert en combinaison avec votre caméra thermique (cf. « Calcul de la température du rayonnement réfléchi », pg. 27).

Particularités des mesures thermographiques à l'extérieur

Le rayonnement infrarouge d'un ciel dégagé est, dans le langage courant, appelé « rayonnement froid du ciel ». Lorsque le ciel est dégagé, le « rayonnement froid du ciel » (~ –50 ... –60°C) et le rayonnement chaud du soleil (~ 5500°C) sont réfléchis toute la journée. La surface du ciel est supérieure à celle du soleil ; la température réfléchie est donc souvent inférieure à 0°C lors des mesures thermographiques extérieures, même lorsque le soleil brille. Au soleil, les objets s'échauffent en raison de l'absorption du rayonnement solaire. Ceci influence nettement la température superficielle – jusqu'à plusieurs heures après le rayonnement solaire.

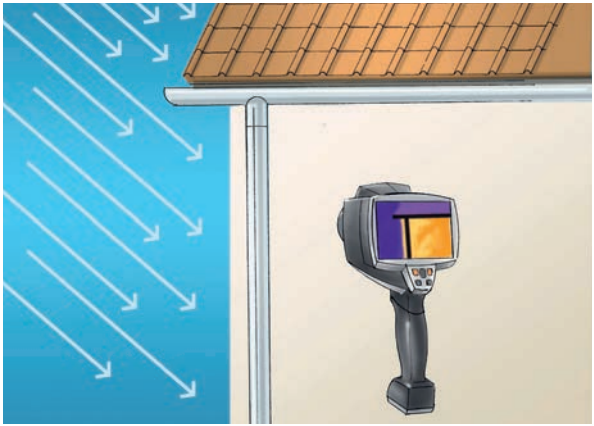


Illustration 2.1 – Réflexions lors des mesures à l'extérieur

L'illustration 2.1 montre que la gouttière apparait sur l'image thermique comme étant plus froide que le mur. Les deux présentent cependant approximativement la même température. L'image doit donc être interprétée.

Nous supposons que la surface de la gouttière est galvanisée et présente une émissivité très basse (ε = 0,1). Seulement 10% du rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde émis par la gouttière provient donc du rayonnement propre émis et 90%, du rayonnement ambiant réfléchi (RTC). Lorsque le ciel est dégagé, e.a., le « rayonnement froid du ciel » (~ –50 ... –60°C) se réfléchit sur la gouttière. La caméra thermique est réglée sur des valeurs ε = 0,95 et RTC = –55°C pour permettre une mesure correcte du mur. En raison de son émissivité très faible et et de la très forte réflexion, la représenta-

tion de la gouttière dans l'image thermique est trop froide. Pour afficher correctement les températures des deux matériaux dans l'image thermique, il est possible de modifier ultérieurement l'émissivité pour certaines zones au moyen d'un logiciel d'analyse (p.ex. au moyen du logiciel Testo IRSoft). Nous recommandons d'utiliser un système de Lambert pour déterminer la valeur RTC correcte (cf. « Détermination pratique des valeurs ε et RTC », pg. 25).

- Tenez également toujours compte de votre propre rayonnement infrarouge.
- Changez de position pendant la mesure pour identifier les réflexions. Les réflexions se déplacent, les particularités thermiques de l'objet de mesure restent au même endroit – même si l'angle de vue change.
- Evitez les mesures à proximité d'objets très chauds ou très froids ou protégez-les.
- Evitez les rayons directs du soleil, même quelques heures avant la mesure. Procédez aux mesures tôt le matin.
- Si possible, procédez aux mesures en plein air lorsque le ciel est très couvert..

3. Météo

Nuages

Un ciel très nuageux offrent les conditions idéales pour les mesures infrarouges à l'extérieur ; en effet, celui-ci protège l'objet mesuré contre le rayonnement solaire et le « rayonnement froid du ciel » (cf. « Rayonnement », pg. 19).

Précipitations

D'importantes précipitations (pluie, neige) peuvent fausser les résultats des mesures. L'eau, la glace et la neige possèdent une émissivité élevée et sont imperméables au rayonnement infrarouge. La mesure d'objets humides peut en outre causer des erreurs de mesure car la surface de l'objet mesuré refroidit avec l'évaporation (cf. « Surface de l'objet de mesure », pg. 16).

Soleil

(cf. « Rayonnement », pg. 19).

- Procédez de préférence aux mesures lorsque le ciel est très couvert.
- Observez également la couverture nuageuse quelques heures avant la mesure.
- Evitez de procéder aux mesures lorsque les précipitations sont importantes.

4. Air

Humidité de l'air

L'humidité relative de l'air de l'environnement de mesure doit être la plus faible possible de manière à ne pas entraîner de condensation dans l'air (brouillard), sur l'objet de mesure, sur le verre de protection ou la lentille de la caméra thermique. Lorsque la lentille (ou le verre de protection) est embuée, une partie du rayonnement infrarouge arrivant sur la caméra thermique ne peut pas être reçue car le rayonnement ne traverse pas totalement l'eau présente sur la lentille.

Un brouillard très dense peut influencer la mesure ; en effet, les gouttelettes d'eau sur la ligne de transmission laissent passer moins de rayons infrarouges.

Courants d'air

Le vent ou les courants d'air dans la pièce peuvent influencer la mesure de la température au moyen d'une caméra thermique.
En raison des échanges de chaleur (convection), l'air à proximité de la surface a la même température que l'objet mesuré. Le vent ou les courants d'air « éloignent » cette couche d'air et une nouvelle couche d'air, n'étant pas adaptée à la température de l'objet mesuré, se retrouve à cet endroit. La convection absorbe la chaleur des objets de mesure chaud et apporte de la chaleur aux objets de mesure froids jusqu'à ce que la température de l 'air et celle de la surface de l 'objet de mesure se compensent. Cet effet d'échange de chaleur augmente en fonction de la différence de température entre la surface de l'objet de mesure et la température ambiante.

Pollution atmosphérique

Certaines matières en suspension telles que la poussière, la suie, la fumée, ainsi que certaines vapeurs, possèdent une émissivité élevée et une transmissivité réduite. Cela signifie qu'elles peuvent nuire aux mesures car elles émettent elles-mêmes un rayonnement infrarouge, également perçu par la caméra thermique. En outre, le rayonnement infrarouge de l'objet mesuré ne peut que partiellement pénétrer jusqu'à la caméra thermique car celui-ci est dispersé et absorbé par les matières en suspension.

- Ne procédez pas aux mesures lorsque le brouillard est épais ou sur de la vapeur d'eau.
- Ne procédez pas aux mesures lorsque de l'humidité de l'air se condense sur la caméra thermique (cf. « Humidité, neige et givre en surface », pg. 17).
- Evitez, si possible, le vent et les courants d'air pendant la mesure.
- Tenez compte de la vitesse et de la direction des courants d'air pendant la mesure et utilisez ces données lors de l'évaluation des images thermiques.
- Ne procédez pas aux mesures lorsque l'air est fortement pollué (p.ex. lorsque de la poussière vient d'être agitée).
- Procédez toujours aux mesures à la plus petite distance possible pour votre application de mesure afin de réduire l'influence d'éventuelles substances en suspension dans l'air.

5. Lumière

La lumière ou l'éclairage ne joue aucun rôle notable lors des mesures au moyen d'une caméra thermique. Les mesures peuvent également être effectuées dans l'obscurité car les caméras thermiques mesurent le rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde.

Certaines sources lumineuses émettent cependant elles-mêmes un rayonnement thermique infrarouge et peuvent donc influence la températures des objets dans leur environnement. C'est pourquoi les mesures ne devraient pas, p.ex., être réalisées sous le rayon-

nement direct du soleil ou à proximité d'une ampoule chaude. Les sources lumineuses froides, telles que les LED ou tubes néon, ne sont pas critiques car elles convertissent la plus grande partie de l'énergie utilisée en lumière visible et non en rayonnement infrarouge.

2.3 Détermination pratique des valeurs ε et RTC

Pour déterminer l'émissivité de la surface de l'objet mesuré, vous pouvez, p.ex. :

- consulter l'émissivité dans un tableau (cf. « Tableau d'émissivité », pg. 51).
  Prudence ! Les valeurs des tableaux d'émissivité sont toujours des valeurs de référence. L'émissivité de la surface de votre objet de mesure peut donc différence de la valeur de référence donnée.
- déterminer l'émissivité au moyen d'un thermomètre à contact en procédant à des mesures comparatives (p.ex. au moyen des testo 905-T2 ou testo 925) (cf. « Méthode utilisant un thermomètre à contact », pg. 25).
- déterminer l'émissivité en procédant à des mesures comparatives au moyen d'une caméra thermique (cf. « Méthode utilisant une caméra thermique », pg. 26).

Déterminer l'émissivité au moyen de mesures comparatives

1. Méthode utilisant un thermomètre à contact

Mesurez tout d'abord la température de la surface de l'objet de mesure au moyen d'un thermomètre à contact (p.ex. testo 905-T2 ou testo 925).

Mesurez ensuite la température de la surface de l'objet de mesure au moyen de la caméra thermique avec une émissivité réglée sur 1. La différence entre les valeurs de température mesurées par le thermomètre à contact et la caméra thermique résulte d'une émissivité réglée sur une valeur trop élevée. En réduisant progressivement la valeur de l'émissivité, vous pouvez modifier la température mesurée jusqu'à ce que celle-ci corresponde avec la mesure par contact. L'émissivité réglée alors correspond à l'émissivité de la surface de l'objet de mesure.

2. Méthode utilisant une caméra thermique

Collez tout d'abord un morceau de ruban adhésif (p.ex; un ruban d'adhésif résistant à la chaleur de Testo) sur votre objet de mesure. Après un bref temps d'attente, vous pouvez alors utiliser votre caméra thermique pour mesurer la température de la surface de l'objet de mesure sur la zone recouverte par le ruban adhésif, après avoir réglé l'émissivité du ruban adhésif. Cette température est votre température de référence. Réglez alors l'émissivité jusqu'à ce que la caméra thermique mesure la même température que la température de référence venant d'être mesurée sur la zone de l'objet de mesure n'étant pas recouverte de ruban adhésif. L'émissivité réglée alors correspond à l'émissivité de la surface de l'objet de mesure.

- Prudence ! Respectez toujours les prescriptions d'utilisation de l'objet de mesure !
- Lorsque l'objet de mesure est peint ou encollé, notez que la peinture ou l'adhésif doit tout d'abord s'adapter à la température de l'objet avant qu'une mesure correcte soit possible.

De manière alternative au ruban adhésif, vous pouvez également :

- enduire l'objet de mesure d'un vernis ou d'une peinture présentant une émissivité définie.
- enduire l'objet de mesure d'une couche épaisse (> 0,13 mm) d'huile résistante à la chaleur ($\varepsilon \approx 0{,}82$).
- enduire l'objet de mesure d'une couche épaisse de suie ($\varepsilon \approx 0{,}95$).

Détermination de la température du rayonnement réfléchi

Lorsque toutes les interférences possibles pouvant influencer votre mesure ont été éliminées, la température du rayonnement infrarouge réfléchi correspond à la température ambiante. La température ambiante peut être déterminer au moyen d'un thermomètre d'ambiance, p.ex. le testo 810 ; vous pouvez ensuite saisir la valeur RTC en conséquence dans votre caméra thermique. Si des sources de rayonnement infrarouges existent cependant dans votre environnement de mesure, vous devrez déterminer la température du rayonnement réfléchi pour obtenir des résultats de mesure précis.

Mesure de la température réfléchie au moyen d'un système de Lambert (improvisé)

Une système de Lambert est un objet reflétant idéalement un rayonnement de manière diffuse, c'est-à-dire dans toutes les directions. Un système de Lambert vous permet de mesurer la température du rayonnement réfléchi avec la caméra thermique. Un film d'aluminium froissé, puis à nouveau déplié convient parfaitement ici pour remplacer un système de Lambert. Le film présente une réflexivité élevée et sa structure froissée reflète le rayonnement de manière presque idéale (cf. ill. 2.3, côté droite du filme d'aluminium, pg. 32). Pour mesurer la température du rayonnement reflété, placez le système de Lambert à proximité de l'objet de mesure ou, idéalement, sur la surface de l'objet de mesure. Mesurez ensuite sa température pour une émissivité réglée sur 1. La caméra calcule la température du rayonnement lui parvenant. Cette valeur peut alors être saisie comme RTC dans votre caméra thermique ; vous pouvez ainsi mesurer la température de l'objet de mesure avec l'émissivité réglée pour la surface de votre objet de mesure.

2.4 Interférences lors des mesures infrarouges

Les facteurs suivants peuvent fausser les résultats de vos mesures infrarouges :

- Emissivité mal réglée
  - ⇨ Déterminer et régler l'émissivité correcte (cf. « Détermination de l'émissivité au moyen de mesures comparatives », pg. 25).

- Valeur RTC mal réglée
  - ⇨ Déterminer et régler la température réfléchie (cf. "Détermination de la température du rayonnement réfléchi“, pg. 27).
- Image thermique floue
  - ⇨ Faire le point sur l’image thermique sur site ; en effet, la netteté ne peut plus être modifiée après la prise.
- Distance de mesure trop grande ou trop petite
- Mesure au moyen d’un objectif inapproprié
- Spot de mesure trop grand
  - ⇨ Lors de la mesure, respecter la distance de mise au point minimale de la caméra thermique.
  - ⇨ Comme lors de la photographie, choisir le bon bon téléobjectif ou objectif grand angle.
  - ⇨ Si possible, choisir une distance de mesure plus petite.
- Interférences sur la ligne de transmission (p.ex. pollution atmosphérique, capots, etc.)
- Influence des sources de rayonnement extérieures (p.ex. ampoules, soleil, chauffages, etc.)
- Erreur d’interprétation de l’image thermique en raison de la réflexion
  - ⇨ Eviter toute mesure sous l’influence d’interférences.
  - ⇨ Si possible, éliminer les interférences, les protéger ou tenir compte de leur influence lors de l’analyse de l’image thermique.
- Modification rapide de la température ambiante
  - ⇨ En cas de modification rapide de la température ambiante du froid au chaud, il existe un risque de formation de givre sur l’objectif.
  - ⇨ Si possible, utiliser une caméra thermique dotée de détecteurs stables à la température.

- Erreur d'interprétation de l'image thermique en raison d'une méconnaissance de la structure de l'objet de mesure
  - ⇨ Le type et la structure de l'objet de mesure doivent être connus.
  - ⇨ Si possible, capturer également des images réelles (photos) pour permettre une meilleure interprétation des images thermiques.

Mesures sur verre

L'œil humain peut voir à travers le verre ; cependant, le verre est imperméable aux rayons infrarouges. La caméra thermique mesure donc seulement la température à la surface du verre, mais pas la température des matériaux derrière celui-ci (cf. ill. 2.2). Le verre transmet cependant les rayons de faible longueur d'onde, tels que les rayons solaires. C'est pourquoi il faut veiller au fait que le soleil brillant à travers les fenêtres peut réchauffer votre objet de mesure. Le verre fait partie des matériaux réfléchissant. Il faut donc tenir compte de la réflexion spéculaire lors de la mesure du verre (cf. « Réflexion spéculaire », pg. 31).

Mesures sur métal

Les métaux, et tout particulièrement ceux présentant des surfaces brillantes, réfléchissent fortement le rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde. Ceux-ci présente une émissivité très faible, pouvant dépendre de la température pour les températures les plus élevées. Il est donc difficile de mesurer leur température au moyen d'une caméra thermique. Outre le réglage de l'émissivité, un réglage correct de la température réfléchie (cf. « Détermination de la température du rayonnement réfléchi », pg. 27) est tout particulièrement

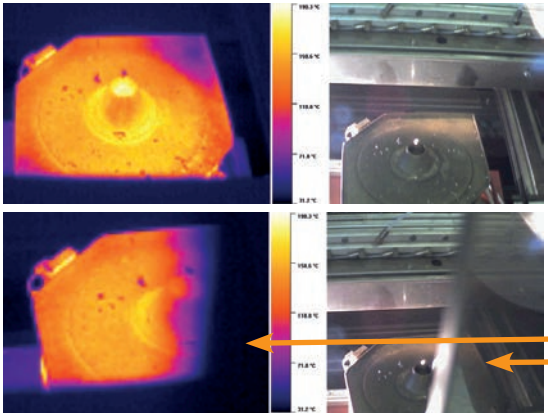


Illustration 2.2 – Mesures sur verre

important. Respectez ici les consignes relatives à la réflexion spéculaire (cf. « Réflexion spéculaire », pg. 31). La mesure ne pose aucun problème sur les métaux vernis car les vernis présentent en règle générale une émissivité élevée. Cependant, les réflexions du rayonnement ambiant doivent également être prises en compte.

Réflexion spéculaire

Souvent, une réflexion spéculaire clairement visible indique une surface fortement réfléchissante, c'est-à-dire une surface présentant une émissivité faible. Cependant, une réflexion pouvant sembler forte à l'œil humain ne signifie pas toujours qu'il s'agit d'une réflexion forte dans la zone infrarouge. On peut, par exemple, voir des réflexions spéculaires du rayonnement ambiant sur l'image thermique d'une

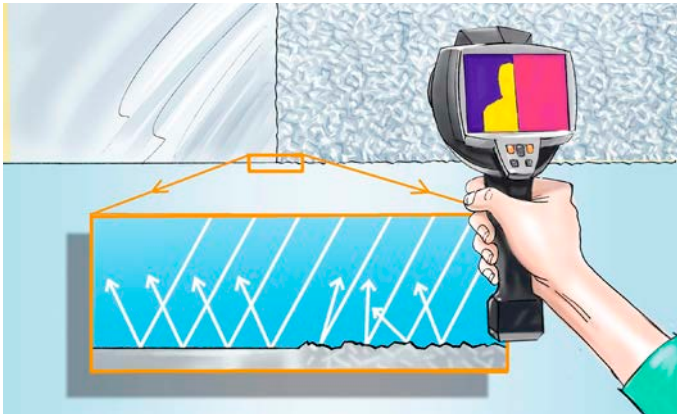


Illustration 2.3 – Réflexion spéculaire et diffuse

surface vernis (p.ex. la silhouette de la personne procédant à la mesure) alors que le vernis présente, en règle générale, une émissivité élevée (ε ≈ 0,95). De la sorte, il est impossible, p.ex., d'identifier les contours d'objets réfléchis de l'environnement de mesure sur l'image thermique d'un mur en grès, alors que le grès présente une émissivité faible (ε ≈ 0,67). La structure de la surface et non l'émissivité détermine en première ligne si le rayonnement ambiant provoque des réflexions spéculaires dans des contours définis.

Chaque rayonnement est toujours réfléchi avec le même angle que celui avec lequel il arrive sur la surface. En d'autres termes, la règle suivante s'applique dans tous les cas : Angle d'incidence = Angle de réflexion Ceci est clairement visible dans l'illustration 2.3, dans la section agrandie de la moitié lisse du film d'aluminium (côté gauche).

Le rayonnement infrarouge de la personne procédant à la mesure est ici réfléchi de la même façon qu'il est émis (réflexion spéculaire). La règle « Angle d'incidence = Angle de réflexion » s'applique évidemment également pour le rayonnement infrarouge émis sur le film d'aluminium froissé (côté droit). Cependant, les rayons infrarouges n'arrivent ici pas sur une surface plane, mais bien sur de petites surfaces présentant des inclinaisons différentes. C'est pourquoi ceux-ci sont réfléchis dans différentes directions, comme avec un système de Lambert. Cette réflexion diffuse a pour conséquence qu'il est impossible de voir les contours de la source de rayonnement infrarouge réfléchie. La réflexion sur le côté froissé du film d'aluminium est, en tout point, le mélange du rayonnement infrarouge des deux sources de rayonnement réfléchies (personne procédant à la mesure et arrière-plan de la personne procédant à la mesure).

- Une réflexion pouvant sembler forte à l'œil nu ne signifie pas toujours que la réflexion est forte dans la zone infrarouge.
- Tenez toujours compte de votre propre rayonnement infrarouge.
- Même les surfaces pour lesquelles aucune réflexion spéculaire n'est identifiée peuvent présenter une réflexivité élevée.
- Procédez aux mesures sur les surfaces lisses avec différents angles et dans différentes directions afin d'identifier quelles irrégularités dans la répartition des températures sont dues à la réflexion et quelles irrégularités sont dues à l'objet de mesure.

2.5 Conditions idéales pour les mesures infrarouges

Pour les mesures infrarouges, des conditions ambiantes stables sont tout particulièrement importantes. En d'autres termes, le climat, les objets se trouvant dans l'environnement de mesure, ainsi que tous les autres facteurs d'influence ne peuvent pas changer pendant la mesure. Il s'agit de la seule façon d'évaluer d'éventuelles interférences et de les documenter pour une analyse ultérieure.
En cas de mesure à l'extérieur, la météo doit être stable et le ciel, nuageux de manière à protéger l'objet de mesure du rayonnement direct du soleil, mais aussi du « rayonnement froid du ciel ». C'est pourquoi vous devrez également noter que les objets de mesure peuvent également être réchauffés par les rayons antérieurs du soleil, et ce, en raison de leur capacité d'accumulation de chaleur.

Les conditions de mesure idéales sont :

- un temps stable,
- un ciel nuageux avant et pendant la mesure (pour les mesures à l'extérieur),
- aucun rayonnement direct du soleil avant et pendant la mesure,
- pas de précipitations,
- des surfaces sèches et librement accessibles pour les objets de mesure (p.ex. pas de feuilles ou copeaux en surface),
- pas de vent ou de courants d'air,
- pas d'interférences dans l'environnement de mesure et sur la ligne de transmission,

- une surface de l'objet de mesure présentant une émissivité élevée, connue avec précision.

Pour la thermographie des bâtiments, une différence d'au moins 15°C est recommandée entre la température intérieure et la température extérieure.

2.6 L'image thermique parfaite

Lors de la prise d'une image thermique, vous devrez essentiellement être attentif à deux choses :

- le choix de la bonne section d'image et
- une mise au point correcte de l'image thermique sur la plage importante pour la mesure.

Après avoir enregistré l'image thermique, vous ne pourrez plus modifier ni la section de l'image, ni sa netteté – tout comme pour une image numérique normale.

Pour obtenir une image thermique parfaite, vous pouvez procéder aux modifications suivantes dans le logiciel d'analyse (p.ex. Testo IRSoft) :

- Modifier l'émissivité et le réglage de la compensation de la température réfléchie (RTC). Ceci est possible dans un logiciel d'analyse professionnel, tel que le Testo IRSoft, et ce, tant point par point que zone par zone.
- Choisir une palette de couleurs appropriée (p.ex. fer, arc-en-ciel, etc.).

L'image thermique obtenue sera riche en contraste et simple à interpréter en fonction de la palette de couleurs choisie.

- Adapter l'échelle de température manuellement.
  Vous pouvez améliorer l'échelonnement des températures ou des couleurs de votre image thermique (cf. ill. 2.4).

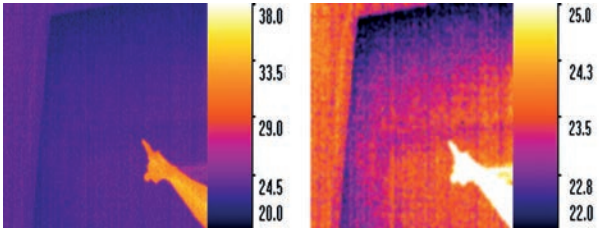


Illustration 2.4 – Adaptation de l'échelle de température

Respectez les astuces suivantes pour la prise de votre image thermique :

- Tenir compte de toutes les interférences, les éviter ou les protéger.
- Garantir un accès libre à la surface de l'objet de mesure. Si possible, retirer les capots et objets gênants dans l'environnement.
- Changer de position pendant la mesure pour identifier les réflexions. Les réflexions se déplacent, les particularités thermiques de l'objet de mesure restent au même endroit – même si l'angle de vue change.
- Le spot de mesure ne doit jamais être plus grand que l'objet de mesure.

- La distance de mesure doit être la plus réduite possible.
- Utiliser un objectif adapté à la tâche de mesure.
- Utiliser un trépied pour mesurer les détails avec précision.
- La structure de l'objet de mesure doit être connue de manière à identifier correctement les particularités thermiques.
- Utiliser une caméra thermique dotée d'un appareil photo numérique intégré de manière à pouvoir prendre des clichés réels pour toute évaluation ultérieure.
- Tenir compte de toutes les conditions ambiantes. Le cas échéant, mesurer et documenter celles-ci pour une évaluation ultérieure des images thermiques.

3 Annexes

3.1 Glossaire de la thermographie

A

Absorption

Lorsqu'un rayonnement infrarouge électromagnétique atteint un objet, l'objet absorbe une partie de cette énergie. L'absorption (réception) du rayonnement infrarouge entraîne un échauffement de l'objet. Les objets les plus chauds émettent plus de rayons infrarouges que les objets les plus froids. Le rayonnement infrarouge absorbé (reçu) est ainsi transformé en rayonnement infrarouge émis (par l'objet). Le degré d'absorption correspond à l'émissivité.
Le rayonnement infrarouge atteignant l'objet et n'étant pas absorbé est réfléchi et/ou transmis.

C

Caméra thermique

Caméra mesurant le rayonnement infrarouge et transformant les signaux en une image thermique. Une caméra thermique permet de représenter la répartition des températures, invisibles pour l'œil humain. Les domaines d'application typiques sont, par exemple, la thermographie des bâtiments, ainsi que la thermographie électrique et la thermographie industrielle.

Celsius (°C)
Unité de température. A pression normale, le point zéro de l'échelle Celsius (0°C) est la température à laquelle l'eau gèle. Un autre point fixe de l'échelle Celsius est le point d'ébullition de l'eau, à 100°C. °C = (°F - 32) / 1,8 ou °C = K - 273,15.

Champ visuel
Cf. « FOV », pg. 42.

Condensation
Passage d'une substance de l'état gazeux à l'état liquide. L'humidité de l'air peut se condenser sur les surfaces lorsque la température de celles-ci, et donc la température de l'air sur les surfaces, est inférieure à la température du point de rosée.

Conduction
Conduction thermique. Transmission d'énergie thermique entre des particules voisines. L'énergie est ici toujours transmise des particules les plus chaudes aux particules les plus froides. Contrairement à la convection, il n'y a pas de transfert de matière entre les particules lors de la conduction.

Convection
Transport de la chaleur au cours duquel de l'énergie thermique passe d'un fluide ou d'un gaz à un autre par un transfert de matière.

Corps réel
Cf. « Emetteur gris », pg. 40.

D

Détecteur

Le détecteur reçoit le rayonnement infrarouge et le transforme en un signal électrique. La résolution géométrique du détecteur est donnée en pixels et sa résolution thermique, en NETD.

E

Emetteur coloré

Les émetteurs colorés sont les matériaux pour lesquels l'émissivité dépend de la longueur d'onde. Si l'on observe le même objet avec une caméra thermique dans la plage infrarouge à grande longueur d'onde (LIWR, 8 – 14 µm) et avec une caméra thermique dans la plage infrarouge à ondes moyennes (MIWR, 3 – 5 µm), il peut être nécessaire de régler différentes émissivités dans la caméra thermique.

Emetteur gris

Aucun émetteur noir idéal n'existant dans la nature ($\varepsilon = 1$), le concept de l'émetteur gris ($\varepsilon < 1$) peut être utile. De nombreux matériaux de construction ou matériaux organiques peuvent être approximativement décrits comme étant des émetteurs gris dans une zone spectrale étroite. La dépendance de la longueur d'onde de l'émissivité est ici négligée (cf. « Emetteur coloré ») car la sensibilité spectrale des caméras thermiques courantes n'enregistre qu'une petite section spectrale du spectre infrarouge. Il s'agit ainsi d'une approximation admissible.

Contrairement aux émetteurs noirs, les émetteurs gris n'absorbent jamais à 100% le rayonnement infrarouge émis sur eux ; c'est pourquoi l'intensité du rayonnement émis est également plus faible.

Emetteur idéal
Cf. « Emetteur noir », pg. 41.

Emetteur noir
Objet absorbant toute l'énergie du rayonnement infrarouge qu'il reçoit, la transformant en rayonnement infrarouge propre et l'émettant à 100%. L'émissivité des émetteurs noirs est précisément égale à 1. Le rayonnement n'est alors ni réfléchi, ni transmis. Dans la pratique, on ne retrouve pas d'objets présentant de telles propriétés. Les dispositifs d'étalonnage utilisés pour les caméras thermiques sont appelés « émetteurs noirs ». Leur émissivité n'est cependant qu'approximativement également à 1.

Emissivité (ε)
Mesure déterminant la capacité d'un matériau à émettre un rayonnement infrarouge. L'émissivité dépend des propriétés de la surface, du matériau, ainsi que – pour certains matériaux – de la température de l'objet.

Étalonnage
Procédé au cours duquel des valeurs de mesure d'un appareil (valeurs réelles) et des valeurs de mesure d'un appareil de référence (valeurs théoriques) sont déterminées et comparées. Le résultat permet de tirer des conclusions sur si les valeurs de mesure réelles de l'appareil se situent toujours ou non dans la plage limite / de tolérance admissible. Contrairement à l'ajustage, l'étalonnage ne permet que de documenter les différences déterminées pour les valeurs de mesure réelles et non de les ajuster en fonction de la

valeur de mesure théorique. Les intervalles entre deux étalonnages dépendent des tâches et exigences de mesure.

F

Fahrenheit (°F)
Unité de température essentiellement utilisée en Amérique du Nord.
°F = (°C × 1,8) + 32.
Exemple – 20°C en °F : (20°C × 1,8) + 32 = 68°F.

FOV (Field of View)
Champ visuel de la caméra thermique. Celui-ci est indiqué en mesure angulaire (p.ex. 32°) et décrit la surface visible avec la caméra thermique. Le champ visuel dépend du détecteur de la caméra thermique, ainsi que de l'objectif utilisé. Les objectifs grand angle ont, avec un détecteur identique, un champ visuel plus grand et les téléobjectifs (tels que le téléobjectif 9° de Testo), un champ visuel plus petit.

Fréquence d'acquisition d'images
Indication en Hertz du nombre de rafraîchissements de l'image affichée par seconde (p.ex. 9 Hz / 33 Hz / 60 Hz). Une fréquence d'acquisition d'images de 9 Hz signifie que la caméra thermique remplace l'image thermique à l'écran neuf fois par seconde.

H

Humidité relative de l'air (% HR)

Indication en pourcent de la quantité de vapeur d'eau en saturation dans l'air. Par exemple, pour une humidité relative de l'air de 33 % HR, l'air ne contient qu'env. 1/3 de la quantité de vapeur d'eau maximum qui pourrait être absorbée par l'air pour une température et une pression atmosphérique identiques. De la condensation se forme lorsque l'humidité de l'air est supérieure à 100 %, ; en effet, l'air est totalement saturé et ne peut plus absorber d'humidité. La vapeur d'eau sous forme gazeuse dans l'air est alors liquide. Plus l'air est chaud, plus il peut absorber de vapeur d'eau sans que de la condensation se forme. La condensation se forme donc toujours en premier lieu sur les surfaces froides.

I

IFOV$_{geo}$ (Instantenous Field of View)

L'IFOVgeo indique la résolution du système de caméra. Celui-ci indique quels détails le système de caméra peut résoudre en fonction du détecteur et de l'objectif. La résolution du système de caméra (IFOVgeo) est indiquée en mrad (= milliradian) et décrit le plus petit objet pouvant encore être représenté sur l'image thermique, en relation avec la distance de mesure. Sur l'image thermique, la taille de cet objet correspond à un pixel.

IFOV$_{meas}$ (Measurement Instantenous Field of View)
Désignation du plus petit objet dont la température peut être mesurée avec précision par la caméra thermique. Cet objet est deux à trois fois plus grand que le plus petit objet pouvant être identifié (IFOVgeo).
En règle générale, on considère ce qui suit : IFOV$_{meas}$ ≈ 3 x IFOV$_{geo}$. On appelle également IFOVmeas le plus petit spot de mesure à mesurer.

Image thermique
Image indiquant la réparation des températures à la surface de l'objet mesuré en utilisant différentes couleurs pour différentes valeurs de température. La capture d'images thermiques se fait au moyen d'une caméra thermique.

Isothermes
Lignes de température identique. Un logiciel d'analyse (p.ex. Testo IRSoft) ou une caméra thermique de grande qualité permettent d'afficher des isothermes. Tous les points de mesure de l'image thermique dont les valeurs de température se situent dans une plage définie, apparaissent alors dans une couleur.

K

Kelvin (K)

Unité de température.

0 K correspond au zéro absolu (–273,15°C). On considère que : 273,15 K = 0°C = 32°F.

K = °C + 273,15.

Exemple – 20°C en K : 20°C + 273,15 = 293,15 K.

M

Marqueur laser

La marqueur laser permet d'afficher une marque laser sans parallaxe de manière à ce que vous voyez la position précise du spot laser sur l'écran de la caméra thermique. Cette fonction est disponible dans les caméras testo 885 et testo 890.

Mesure à deux points

La mesure à deux points fait apparaître deux réticules permettant de consulter différentes températures sur l'écran de la caméra.

N

NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)

Indice indiquant la plus petite différence de température qui peut être visualisée. Plus cette valeur est petite, meilleure est la résolution de la caméra thermique.

O

Objectifs

La grandeur du champs visuel de la caméra thermique et donc la grandeur du spot de mesure varie en fonction de l'objectif utilisé. Un objectif grand angle (p.ex. l'objectif standard 32° de la testo 875i) convient tout particulièrement lorsque vous souhaitez obtenir une vue d'ensemble de la répartition des température sur une grande surface. Un téléobjectif (p.ex. le téléobjectif 9° de Testo) peut être utilisé pour mesurer de petits détails avec précision, même à grande distance.

P

Palette de couleurs

Choix des couleurs utilisées pour la représentation de l'image thermique dans la caméra (p.ex. palette de couleurs « arc-en-ciel », « fer », « dégradé de gris »). En fonction de la tâche de mesure et de la palette de couleurs réglée, les contrastes des images thermiques peuvent être représentés différemment. La palette de couleurs peut également être réglée individuellement au moyen du logiciel d'analyse (p.ex. Testo IRSoft) après l'enregistrement de l'image thermique. Lors du choix de la palette de couleurs, tenir compte de la facilité d'interprétation de votre image thermique. Les couleurs rouge et jaune sont souvent associées intuitivement à la chaleur et le vert et le bleu au froid.

Point chaud

Cf. « Point froid et point chaud », pg. 47.

Point de rosée / Température du point de rosée
Température à laquelle l'eau condense. A la température du point de rosée, l'air est saturé avec plus de 100% de vapeur d'eau. De la condensation se forme dès que l'air ne peut plus absorber de vapeur d'eau.

Point froid et point chaud
Le « point froid » est le point le plus froid d'une zone de l'image thermique ; le « point chaud » est son point le plus chaud.
La fonction « Détection automatique du point chaud/froid » permet d'afficher directement ces deux points sur l'image thermique à l'écran de la caméra. Cette fonction est également disponible dans la plupart des logiciels d'analyse, tels que le Testo IRSoft. Ces deux points peuvent également y être affichés pour des zones de la caméra thermique pouvant être librement définies.

Pointeur laser
Un pointeur laser facilite le pointage de la surface de mesure (un point rouge est projeté sur l'objet de mesure). La marque laser et le centre de l'image de la surface de mesure ne coïncident pas parfaitement car ils se trouvent sur différents axes optiques. Le point laser ne convient donc pas pour le marquage précis des endroits ayant été pointés avec le réticule à l'écran. Celui-ci ne sert que d'aide pour l'orientation.
Prudence !
Classe laser 2 : Ne pointez jamais le laser sur des personnes ou des animaux et ne regardez jamais le laser ! Ceci peut provoquer des lésions oculaires !

R

Rayonnement infrarouge

Le rayonnement infrarouge est un rayonnement électromagnétique. Chaque objet dont la température dépasse le zéro absolu (0 Kelvin = –273,15°C) émet un rayonnement infrarouge. Le rayonnement infrarouge s'étend sur le domaine spectral allant de 0,78 µm à 1000 µm (= 1 mm) et avoisine ainsi le domaine spectral de la lumière (0,38 – 0,78 µm). Les caméras thermiques mesurent souvent le rayonnement infrarouge à grande longueur d'onde dans la plage de 8 µm à 14 µm (comme les testo 875i et testo 882) ; en effet, l'atmosphère dans ce domaine spectral est très perméable aux rayons infrarouges.

Réflexivité (ρ)

Capacité d'un matériau de réfléchir les rayons infrarouges. La réflexivité dépend des propriétés de la surface, de la température et du type de matériau.

RTC (Reflected Temperature Compensation)

Sur les corps réels, une partie du rayonnement thermique est réfléchie. Cette température réfléchie doit être prise en compte lors de la mesure d'objets présentant une émissivité réduite. Un facteur de correction pouvant être enregistré dans la caméra permet de calculer la réflexion et donc d'améliorer la précision des mesures de température. Ceci se fait généralement au moyen d'une saisie manuelle dans la caméra et/ou le logiciel.

Dans la plupart des cas, la température réfléchie correspond à la température ambiante (essentiellement pour les mesures thermographiques à l'intérieur). Lorsque le rayonnement infrarouge d'interférences est réfléchi sur la surface de l'objet de mesure, la température du rayonnement réfléchi doit être déterminé (p.ex. au moyen d'un système de Lambert). La température réfléchie n'influence que très peu les objets dont l'émissivité est très élevée.

S

Spot de mesure

Cf. « $IFOV_{meas}$ », pg. 44.

Système de Lambert

Un système de Lambert est un objet réfléchissant idéalement les rayons reçus de manière diffuse ; en d'autres termes, les rayons reçus sont réfléchis dans toutes les directions avec la même intensité. Un système de Lambert vous permet de mesurer la température du rayonnement réfléchi avec la caméra thermique.

T

Température

Grandeur d'état pour l'énergie spécifique à un corps.

Temps de réponse

Le temps de réponse est le temps requis par la caméra thermique pour s'adapter à la température ambiante du lieu de mesure pour mesurer dans les spécifications. Le temps de réponse de votre caméra est repris dans son mode d'emploi.

Thermogramme
Cf. « Image thermique », pg. 44.

Thermographie
Procédé technique d'imagerie de mesure rendant visible le rayonnement thermique ou la réparation des températures à la surface d'un objet grâce à une caméra thermique.

Transmissivité (τ)
Mesure déterminant la capacité d'un matériau à laisser passer un rayonnement infrarouge. Celle-ci dépend de l'épaisseur et du type de matériau. La plupart des matériaux ne sont pas perméables aux rayons infrarouges de grande longueur d'onde.

Z

Zéro absolu
Le zéro absolu s'élève à –273,15°C (0 Kelvin = –459,69°F). Tous les corps dont la température est égale au zéro absolu n'émettent aucun rayonnement infrarouge.

3.2 Tableau d'émissivité

Le tableau suivant sert de référence pour le réglage de l'émissivité pour les mesures infrarouges. Celui-ci reprend l'émissivité ε pour certains matériaux courants. L'émissivité variant en fonction de la température et des propriétés des surfaces, les valeurs reprises ici ne peuvent être considérées que comme des valeurs de référence pour la mesure des rapports ou différences de température. Pour mesurer la valeur absolue de la température, l'émissivité du matériau doit être déterminée avec précision.

Matériau (température du matériau)	Emissivité
Acier, laminé à froid (93°C)	0,75–0,85
Acier, oxydé (200°C)	0,79
Acier, traitement thermique Surface (200°C)	0,52
Aluminium, extrêmement poli (100°C)	0,09
Aluminium, fortement oxydé (93°C)	0,2
Aluminium, laminé (170°C)	0,04
Aluminium, non oxydé (100°C)	0,03
Aluminium, non oxydé (25°C)	0,02
Argile, cuite (70°C)	0,91
Béton (25°C)	0,93
Bois (70°C)	0,94
Brique, mortier, crépi (20°C)	0,93
Caoutchouc, dur (23°C)	0,94
Caoutchouc, souple, gris (23°C)	0,89
Chrome (40°C)	0,08
Chrome, poli (150°C)	0,06
Coton (20°C)	0,93
Cuivre, laminé (40°C)	0,64
Cuivre, légèrement terni (20°C)	0,04
Cuivre, oxydé (130°C)	0,76
Cuivre, poli (40°C)	0,03

Matériau (température du matériau)	Emissivité
Déperditeur de chaleur, noir galvanisé (50°C)	0,98
Fer avec croûte de coulée (100°C)	0,8
Fer avec croûte de laminage (20°C)	0,77
Fer, poli à l'émeri (20°C)	0,24
Fonte de fer, oxydée (200°C)	0,64
Glace, lisse (0°C)	0,97
Granit (20°C)	0,45
Grès (40°C)	0,67
Laiton, oxydé (200°C)	0,61
Liège (20°C)	0,7
Maçonnerie (40°C)	0,93
Marbre, blanc (40°C)	0,95
Papier (20°C)	0,97
Peintures à l'huile (toutes les couleurs) (90°C)	0,92–0,96
Plastiques : PE, PP, PVC (20°C)	0,94
Plâtre (20°C)	0,9
Plomb (40°C)	0,43
Plomb, oxydé (40°C)	0,43
Plomb, oxydé gris (40°C)	0,28
Porcelaine (20°C)	0,92
Vernis de transformateur (70°C)	0,94
Vernis, blanc (90°C)	0,95
Vernis, bleu, sur film d'aluminium (40°C)	0,78
Vernis, jaune, 2 couches, sur film d'aluminium (40°C)	0,79
Vernis, noir, mat (80°C)	0,97
Verre (90°C)	0,94
Zinc, oxydé	0,1

3.3 Testo recommande

Etalonnage de votre caméra thermique

Testo AG recommande de faire étalonner ses caméras thermiques régulièrement. Les intervalles entre deux étalonnages dépendent des tâches et exigences de mesure.

Vous trouverez de plus amples informations sur l'étalonnage de votre caméra thermique à l'adresse : www.testo.de.

Formations en thermographie

Rester en permanence informé des toutes dernières découvertes : voici une des conditions les plus importantes pour venir à bout des tâches de mesure complexes et des exigences de qualité en hausse. C'est pourquoi Testo AG propose des formations en thermographie pour les domaines d'application les plus variés.

Vous trouverez de plus amples informations sur nos formations à l'adresse : www.testo.com.

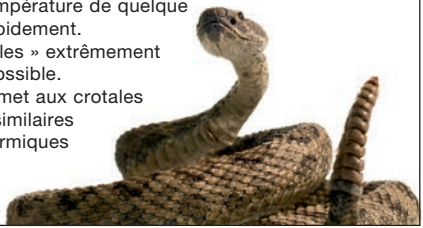
Plus d'infos :
www.testo.com

Vos notes personnelles

Saviez-vous également :

Grâce à leur capacité à voir le rayonnement thermique, les aspics identifient leurs proies et ennemis très rapidement – même dans l'obscurité.

Les crotales, une sous-espèce de vipères, détectent même les plus petites différences de température de quelque 0,0003°C à peine très rapidement. Des « fossettes sensorielles » extrêmement sensibles rendent cela possible. Cet organe sensoriel permet aux crotales de voir des images très similaires à celles des caméras thermiques modernes…



Nous mesurons.

0982 7324/tt/R/I/05.2013

Contribution symbolique : 5,- euros

www.testo.com